

жание в опробованных грунтовых водах таких продуктов разложения органических и минеральных удобрений, как азот, фосфор и калий. Содержание нитратов составляет в пределах города 98-196 мг/дм³ и только в пос. Лососна (пригород г. Гродно) оно значительно ниже – 6,6 мг/дм³. Аналогичная ситуация с калием: в городе от 6,8 до 98,0 мг/дм³, а в пос. Лососна – 2,1 мг/дм³ (при среднефоновом содержании 1,2 мг/дм³). Содержание фосфатов в воде – значительно, их концентрации достигают 1,0-17,4 мг/дм³, минимальные значения составляют 0,12-0,24 мг/дм³.

Поступление в поверхностные водоёмы грунтовых вод, богатых такими продуктами разложения органических и минеральных удобрений, как натрий, фосфор и калий приводит к их активному эвтрофированию. Наиболее интенсивные антропогенные нагрузки испытывают небольшие водотоки. В питании таких крупных рек как Неман более значительную роль играет разгрузка надморенных вод, имеющих, как было отмечено выше, хорошее качество.

В ходе работы по ТерКСОС был разработан перечень водоохраных мероприятий, которые были переданы в органы исполнительной власти г. Гродно.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Калинин М.Ю. Территориальные комплексные схемы охраны природы и экологическая безопасность населения // Проблемы развития Республики Беларусь в контексте экологической безопасности – Мн.: НЦСИ Восток-Запад, 1994. – С. 86-87.
2. Калинин М.Ю., Писарик М.А., Полторжицкая О.В. Эколого-гидрогеологические карты Речицкого и Гомельского районов // Геоэкологическое картографирование Белару-

си: состояние и перспективы: Тез. докл. науч.-практич. конф. / БелНИГРИ. - Минск, 1994. – С. 43.

3. Калинин М.Ю. Территориальный подход при решении комплекса экологических проблем // Развитие географии Беларуси: итоги, проблемы, перспективы: Тез. докл. науч. конф., посвящ. 60-летию географ. факультета / БГУ. – Мн., 1994. – С. 125-126.
4. Писарик М.А., Калинин М.Ю., Полторжицкая О.В. Методика составления эколого-гидрогеологических карт при разработке ТерКСОП // Геоэкологическое картографирование Беларуси: состояние и перспективы: Тез. докл. науч.-практич. конф., 4-5 октября 1994 г. / БелНИГРИ. – Мн., 1994. - С. 50.
5. Калинин М.Ю. ТерКСОС - как документ для принятия решений по управлению экологическим состоянием территории // Разработка территориальных комплексных схем охраны окружающей среды - важнейший этап в решении экологических проблем: Тез. докл. науч.-практич. семинара / БелНИЦ "Экология" - Минск, 1994. - С. 81-84.
6. Калинин М.Ю., Писарик М.А. Экологическое состояние подземных вод отдельных городов и районов Беларуси // Минерально-сырьевая база Республики Беларусь: состояние и перспективы: Тез. докл. науч.-техн. конф., посвященной 70-летию БелНИГРИ, 15-17 окт.1997 г. / ИГ НАН Беларуси. - Минск, 1997. - С. 236-238.
7. Пашкевич В.И., Шелухин С.В. Оценка естественного геохимического фона подземных вод четвертичных отложений Беларуси. // Материалы науч.-технич. конф. «Водные ресурсы и устойчивое развитие экономики Беларуси (20-24 мая 1996 г., г. Минск). – Мн.: ЦНИИКИВР, 1996. Т. 2. – Вып. 2, доп. – С. 63-65.

Статья поступила в редакцию 08.01.2007

УДК 550.4:556.388.2

Шкарубо А.Д.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ БИОГЕОХИМИЧЕСКОГО И ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕРРИТОРИЙ ГОРОДСКОЙ УСАДЕБНОЙ ЗАСТРОЙКИ

Введение

По сравнению с другими видами моделирования антропогенных, а также природных ландшафтов, биогеохимическое и гидрологическое моделирование городских территорий сопряжено с рядом специфических проблем, в первую очередь связанных с повышенной интенсивностью и разнообразием форм техногенных воздействий [1]. Если геохимические и гидрологические аспекты функционирования геосистем многоэтажных селитебных, промышленных и транспортных территорий (в т.ч. их сочетаний и производных) достаточно хорошо освещены в научной литературе [2, 3], то на городскую усадьбную застройку (индивидуальная одноэтажная, «частный сектор») обращалось гораздо меньшее внимание. В то же время к данному виду застройки, занимающему в областных центрах Беларуси до 30% территории, приурочен ряд опасных воздействий на окружающую среду, по масштабам, выходящим далеко за пределы самих усадьбных территорий [4, 5]. В первую очередь это загрязнение почвенного покрова, поверхностных и подземных вод, вызванное использованием печной золы в качестве удобрения (либо ее помещением на проезжую часть), интенсивным внесением других видов органических и минеральных удобрений, утечкой горюче-смазочных материалов, средств бытовой химии, а также других химических продуктов, связанных с

функционированием усадьбных хозяйств.

Фундаментальной проблемой, усиливающей последствия указанных видов воздействий по сравнению, например, с многоэтажными селитебными территориями, является незначительная охваченность массивов усадьбной застройки системами бытовой канализации. В результате, весь поток техногенного вещества, генерируемого в индивидуальных домохозяйствах, поступает непосредственно в окружающую среду. Особую остроту проблема химического загрязнения территорий усадьбной застройки принимает в связи с существующей практикой выращивания на приусадебных участках сельскохозяйственной продукции (зачастую также выпаса коз на прилегающих территориях), в том числе и на продажу. Поскольку массивы индивидуальной застройки во многих случаях также подвержены воздействиям «внешних» источников загрязнения воздушного бассейна (промышленность, транспорт), данная продукция может не удовлетворять санитарно-гигиеническим требованиям, что создает дополнительный риск здоровью населения, активно вовлеченного в местные биогеохимические циклы.

Приведенные тезисы позволяют сформулировать следующие актуальные проблемы исследования окружающей среды усадьбных территорий:

Шкарубо Антон Дмитриевич, научный сотрудник РУП «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов».

Беларусь, 220086, г. Минск, ул. Славинского, 1, кор. 2.

1. Процесс принятия природозащитных решений и оптимизации параметров окружающей среды усадебных территорий недостаточно обеспечен информацией о масштабе и характере проблемы;
2. Сравнительный анализ эффективности возможных мероприятий экологического управления, предпочтительно основывать на моделировании биогеохимических циклов данных территорий и их возможных изменений;
3. Один из перспективных вариантов исследования является параметризация и калибровка процессной (с точки зрения минимизации научной неопределенности), либо эмпирической (при необходимости исходных данных) модели, интегрирующих физические, химические и биологические процессы в почвенном профиле, а также рост и утилизацию растительности;
4. Параметризация и калибровка модели требует количественной оценки инвентаризации антропогенной составляющей местного биогеохимического и гидролого-гидрогеологического цикла – поступления и изъятия вещества из моделируемой системы, а также условий его миграции;
5. На основе пространственно-временного обобщенная информации в массивах усадебной застройки.

Целью настоящего исследования является частичное разрешение проблем, обозначенных выше, в исследовании также анализируются доступные источники информации по антропогенным факторам местных биогеохимических циклов и условий стока.

Исходные данные и методика исследований

Для установления типичных количественных и качественных параметров техногенной составляющей цикла, на протяжении осени 2005 года был проведен опрос жителей частного сектора г. Могилева. Опрос проводился во всех районах индивидуальной застройки города (рис. 1), респондентам (всего – 38) предлагалось ответить на вопросы стандартной анкеты, включавшей пункты, посвященные размерам и планировке усадеб, ведению сельского хозяйства, отоплению, а также организации канализации. Ответы по возможности верифицировались, однако большая их часть носила характер приблизительных оценок и точные значения не могли быть установлены (например, объем вывозимых отходов или вносимых органических удобрений) по неметрическим единицам измерения – «воз», «машина», «мешок» и т.д., при отсутствии уточнений принимались стандартизованные значения.

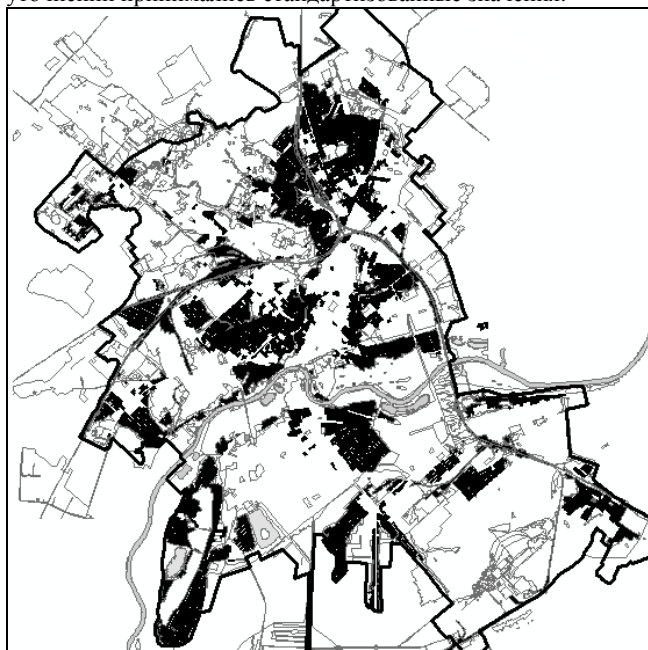


Рис. 1. Распространение районов усадебной застройки (черные полигоны) по территории г. Могилев

Опрос дополнялся данными измерений параметров усадеб частного сектора и отдельных массивов застройки, заимствованными из многозональных аэрокосмических снимков (1:5000), привязанных к электронной карте города.

При составлении анкеты и обработке данных опроса была использована гипотетическая схема местного биогеохимического цикла, приспособленная к архитектуре условной процессной модели (рис. 2). В качестве прототипа использовалась *CoupModel* – одномерная модель, совмещающая гидро-термические и биологические процессы (описана в [6], методика вычисления и программирования – в [7]). Данной схемой предполагается разделение почвы и растительной биомассы на условные емкости, в которых накапливаются и преобразуются углерод, азот и органическое вещество. Внешними источниками поступления вещества в систему являются минеральные и органические удобрения (рассматриваются раздельно ввиду нахождения вещества в различных формах), а также атмосферные поступления азота. Изъятие вещества происходит со сбором урожая, косьбой газонов (сюда же относится уборка листьев и др.) и вымыванием с поверхностным и подземным стоком; поглощением корнями обеспечивается перемещение вещества из почвенного профиля в растительность. С потоками азота, углерода и органического вещества также связана миграция загрязняющих веществ.

Первоначально, для обеспечения возможности получения параметров биогеохимического и гидрологического циклов при помощи автоматизированных или частично автоматизированных процедур (на основе данных, определяемых по картам и материалам дистанционного зондирования, либо на основе стандартной статистики (численность/ плотность населения, удельная площадь участков/ домов, и т.д.)), в исследовании планировалось установление четких статистических закономерностей по всем пунктам анкетирования. Уже первые попытки обобщения полученного материала показали, что на отдельных, даже соседних, участках характеристики компонентов циклов могут резко различаться, ввиду высокой зависимости от индивидуальных предпочтений, уровня потребления проживающих, современного семейного статуса и т.д. Особенно затруднен учет параметров с качественными характеристиками, что частично было разрешено путем экспертной группировки вариантов ответов, близких с точки зрения участия в биогеохимическом цикле.

Метод группировки был достаточно эффективен при анализе информации по сбору и управлению нечистотами, которые, при всем разнообразии используемых решений, были сведены к следующему трем опциям: (1) содержание гидроизолированных выгребных ям с последующим вывозом содержимого за пределы усадьбы (76,48 % опрошенных) (включая варианты «содержимое регулярно вывозится специализированной службой» и «содержимое вывозится и закапывается на близлежащем колхозном поле»), (2) использование неизолированных выгребных ям с захоронением содержимого в пределах усадьбы («нечистоты закапываются на огороде», «выгребная яма закапывается, и туалет ежегодно переносится на новое место» и т.д.) (11,76 %) и (3) использование содержимого в качестве удобрения (в данном случае поступление органического вещества и азота учитывается как внесение органических удобрений, т.е. фактически выносятся в другую категорию) (11,76 %). Применимость собранной информации об объеме вывозимых нечистот (среднегодовое значение – 1,29 м³ на одного жителя при среднеквадратичном отклонении, равном 0,196) ограничена ввиду возможных значительных колебаний фактора разбавления, поэтому для расчета объема органического азота и углерода, поступающих в экосистему, рекомендуется использовать данные биогенных нагрузок на душу населения, приведенные в гидрохимических справочниках или местных статистических источниках [8, 9].

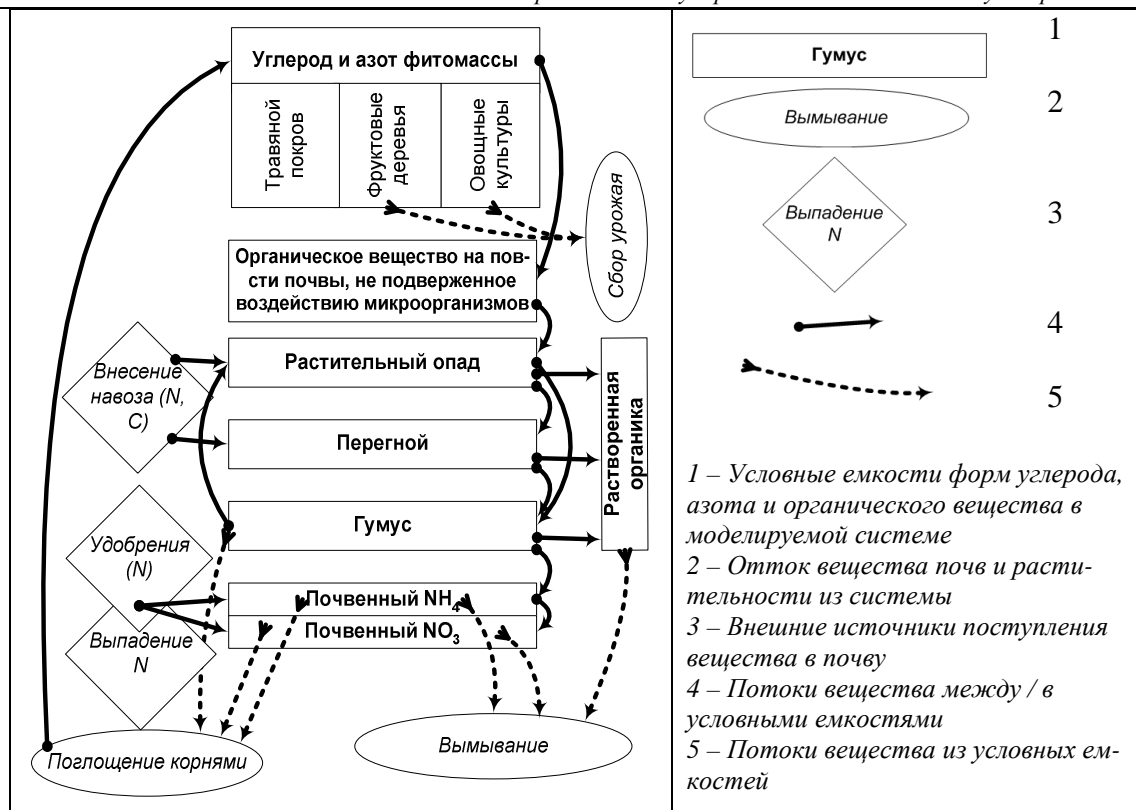


Рис. 2. Гипотетическая схема биогеохимического цикла частной усадьбы

Статистику по отоплению не удалось свести к четким закономерностям, поскольку респондентами указывались различные сочетания и пропорции возможных видов печного топлива – дров, угля и торфобрикетов, а приведенные данные оговаривались как крайне приблизительные, в особенности для оценок объема золы, которая во всех усадьбах с печным отоплением используется в качестве удобрения. Основным биогенным элементом, содержащийся в золе указанных видов топлива – калий, из лимитирующих элементов – фосфор. Содержание соединенного азота, учитываемого в используемой схеме биогеохимического цикла, как правило, незначительно [10, 11, 12, 13], поэтому поток техногенного вещества, связанный с печным отоплением, не рассматривается далее в данном исследовании. При использовании других концептуальных схем и моделей, учитывающих баланс калия, фосфора и/или связанных с ним редкоземельных элементов, необходимо учитывать, что в топливном балансе усадеб без газового отопления торфобрикеты или дрова присутствуют 70 % случаев, в том числе 50 % случаев – совместно; продолжительность отопительного сезона – 7 месяцев. Необходимо принять во внимание, что в настоящее время в индивидуальных домохозяйствах в качестве основного вида топлива используется природный газ, среднее потребление которого достигает 2963,33 м³ на усадьбу и 1044,26 м³ на одного проживающего (при величинах среднего отклонения, соответственно, 1039,06 м³ и 465,06 м³).

Несмотря на обилие возможных опций, исследование не показало существенных различий в способах ведения сельскохозяйственного производства. На всех приусадебных участках выращивается сходный набор овощной продукции, в том числе во всех случаях – картофель, свекла, морковь, огурцы и лук, а в 80 % случаев также капуста, кабачки и сладкий перец; большая часть отведенного под огород участка находится под пологом садовых деревьев – яблонь, груш, слив. Поскольку все респонденты испытывали затруднения с определением показателей урожая (урожайности) и точным соотношением площадей, занятых под разные виды продук-

ции, то при биогеохимическом моделировании массива усадебной застройки огородную растительность можно представить в виде сочетания двух условных растений, высаживаемых в начале и извлекаемых из системы в конце вегетационного периода. Одно растение – плодоносящее, второе – с повышенным накоплением органики в корневой системе, с соотношением занятых площадей 2/3 (пример параметризации смотрите [14]). Поскольку все указанные садовые деревья относятся к одному семейству – *Розоцветных*, то допустима их параметризация на основе одного набора параметров (вертикальное распределение фитомассы, индекс покрытия листового покрова, перехват осадков кронами, оптические свойства и др., например, в [15]); плоды полностью убираются; опавшая листва в большинстве случаев запаховается либо убирается и затем вносится в виде компоста, т.е. поступает непосредственно в условную почвенную емкость перегноя (C+N); средняя продолжительность жизни деревьев – 40 лет.

Режим внесения удобрений в городских усадьбах отличается наибольшей индивидуальностью, поскольку местное население, как правило, не имеет сельскохозяйственного образования и вносит удобрения по своему усмотрению, часто вне зависимости от реальных нужд. Кроме того, внесение удобрений часто имеет незапланированный характер и зависит от случайной доступности компонентов (например, навоза), что увеличивает приблизительность оценок. В большинстве случаев, в качестве основного (71% случаев), или даже единственного (59%) удобрения указывался навоз (сюда же отнесены случаи использования в качестве удобрения содержимых стоков выгребных ям и компоста) и, в домах не отапливаемых газом – печная зола. В среднем на 1 м² возделываемых площадей вносится 2,24 кг (при среднем отклонении, равном 10,33%). В составе компоста, используемого повсеместно, преобладает зеленая фитомасса (стебли и листья) собранных овощных культур и опавшая листва плодовых деревьев. Таким образом, вносимый компост может быть учтен как неизъятый из системы растительный опад, непосредственно

Таблица. Техногенные источники вещества в местном геохимическом балансе

Источник поступления вещества	Характеристика вещества	Среднее значение	Условная емкость	Применимость, показатели неопределенности
Печное отопление	Зола (азот и органика)	Незначительное – не учитывается	–	–
Выгребные ямы	Нечистоты	1,29 м ³ на одного жителя	Почвенный NH ₄ / NO ₃ / растворенная органика	11,76% случаев, квадр. откл. 0,196
Выгребные ямы	Нечистоты	1,29 м ³ на одного жителя	Растительный опад / перегной	11,76% случаев, квадр. откл. 0,196
Внесение навоза	Навоз	2,24 кг/м ²	Растительный опад / перегной	71% случаев, средн. откл. 10,33
Внесение компоста	Перегнившие растительные остатки	В объеме фитомассы, смоделированной для предыдущего года	Растительный опад / перегной	100% случаев
Внесение минеральных удобрений	Готовые (заводские) смеси	Рекомендуемые для зоны объемы (?)	Почвенный NH ₄ / NO ₃	24% случаев; статистика по объемам не получена

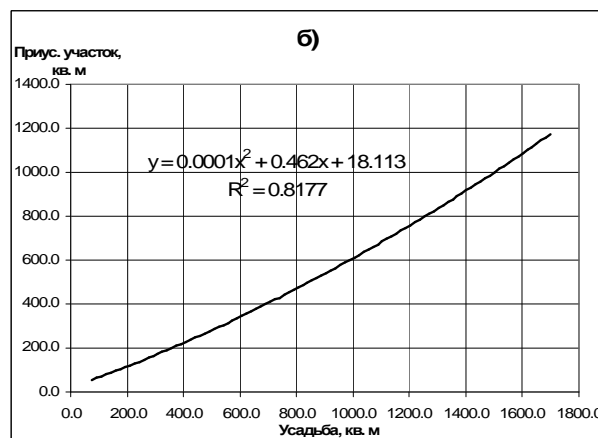
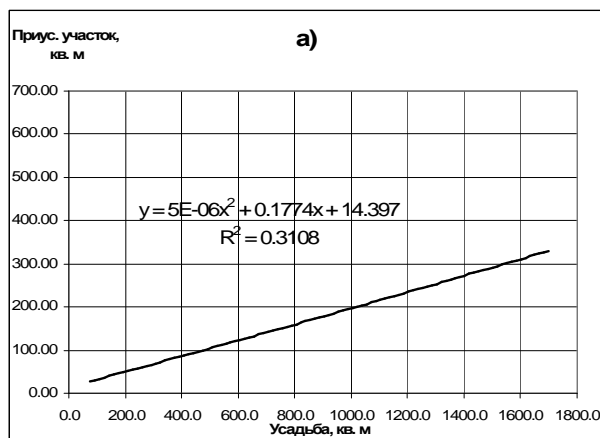


Рис. 3. Зависимости (а) площади строений и (б) приусадебных участков от общей площади усадьбы

поступающий в условную почвенную емкость перегноя. Готовые минеральные удобрения используются в 24 % хозяйств, во всех случаях – в незначительных количествах; респонденты затруднились описать качественные и количественные характеристики вносимых готовых смесей.

Обобщенная информация по изученным источникам вещества в местном биогеохимическом балансе усадебных хозяйств приведена в таблице.

Обсуждение результатов

Моделирование биогеохимического цикла, а также отображение в модели местных гидролого- гидрогеологических условий должно базироваться на информации о пространственной неоднородности территории усадьбы или массива усадеб. Для параметризации *CoupModel* по крайней мере необходимо знать соотношения между водопроницаемыми, непроницаемыми, частично проницаемыми (например, сильно утрамбованными, либо негерметично замощенными) и вспахиваемыми поверхностями, а также между участками с однородными условиями формирования потоков вещества и энергии, здесь – указанные типы гидрологических поверхностей и гидрогеологических комплексов в сочетании с режимами поступления техногенного вещества (например, внесение удобрений) и характером растительного покрова.

Полученная нами информация указывает на отсутствие корреляции между числом жителей усадьбы и площадью жилого дома (-0,24) либо общей площадью жилых и хозяйствен-

ных строений (-0,32), которые в среднем составляют 101,21 и 175,91 м² при средних отклонениях 42,96 и 100,27, соответственно. Корреляция с общей площадью участка невысока – 0,56 и установленная полиномиальная зависимость также имеет невысокое значение коэффициента достоверности аппроксимации R²=0,31 (рис. 3а). Таким образом, для определения площади построек целесообразно использование данных технических паспортов усадеб, в то время как показатели населенности усадеб либо плотности населения в данном случае неприменимы. В отсутствие подобной информации, либо в условиях проведения исследований для значительных площадей, наиболее эффективно привлечение материалов дистанционного зондирования.

При определении (удельной) площади распаханых участков аэрокосмические фотоматериалы дают более приближенные данные, поскольку незастроенные части усадеб частично или полностью закрываются кронами садовых деревьев. Возделываемые территории составляют от 25,00 до 93,33 % площади усадеб (среднее отклонение равно 287,34) и тесно коррелируют с их общей площадью (коэффициент корреляции 0,9), которую при недостатке аэрофотоматериалов и статистических обобщений по землепользованию внутри индивидуальных земельных участков можно привлекать для определения удельных площадей огородов; зависимость близка линейной с коэффициентом достоверности аппроксимации R²=0,82 (графическая и математическая зависимости приведены на рисунке 3б).

Определение площадей усадьбы или приусадебных участков, находящихся под кронами деревьев (необходимо для учета гидротермического баланса и распространения древесной растительности), наиболее рационально на основе материалов дистанционного зондирования. Расчеты, основанные на статистике количества деревьев в усадьбах, всегда дают приближенные результаты ввиду неизбежного разнообразия возрастов, видов и сортов, а полевые измерения покрытия крон требуют значительных материальных ресурсов и продолжительного времени.

Поскольку на аэрокосмических снимках определение границ отдельных усадеб затруднительно, площади древесных крон определялись для кварталов, случайно выбранных в пределах основных массивов индивидуальной застройки Могилева (всего -16). Выявленное среднее покрытие крон – 62% площади усадеб при среднем отклонении $\pm 9,3\%$. Наибольшие значения (до 75%) зафиксированы в пределах староосвоенных районов; в отношении новых районов, а также на территориях с неблагоприятными для произрастания садов условиями, среднее покрытие крон значительно уменьшается (до 31%).

Выводы

В работе приводятся отдельные показатели, необходимые для параметризации процессной биогеохимической модели массива усадебной застройки; при их практическом использовании необходимо принимать в расчет следующие ограничения и допущения:

- вся информация собрана в пределах одного города, хотя и крупного, характеризующегося разнообразием физико-географических и социально-экономических условий;
- использованная выборка – 38 усадебных хозяйств, относительно невелика, хотя и представляет все районы индивидуальной застройки Могилева;
- опрос проводился лишь один раз, то есть его данные отображают характеристики хозяйств по состоянию на осень 2005 года;
- характеристики усадебных хозяйств варьируются чрезвычайно широко; при этом, если одни потоки вещества (зола, нечистоты) и пространственные параметры (площадь строений на одного проживающего) могут значительно различаться даже в соседних хозяйствах, то другие (выращивание сельхозпродукции) достаточно однородны в пределах всего массива усадебной застройки.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

УДК 628.094

Рыбак Е.С., Житенев Б.Н.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД ДЛЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ В СЕЛЬСКОЙ МЕСТНОСТИ

Введение

В настоящее время задачи развития села выдвигают на первый план необходимость обеспечения населения качественной питьевой водой, а также разработки новых высокоэффективных систем очистки воды. В силу сложившихся традиций и уклада жизни населения в сельской местности преобладают дома усадебного типа. Увеличение темпов строительства жилья предусматривается Программой возрождения села Правительства Республики Беларусь. В этой связи

1. Геохимия окружающей среды / Ю.Е. Саг, В.А. Ревич, Е.П. Янин и др. – М.: Недра, 1990.
2. Эколого-геохимические исследования в районах интенсивного техногенного воздействия. – М.: ИМГРЭ, 1990. – 163 с.
3. Геохимические методы в экологических исследованиях / под ред. Э.К. Буренкова. – М.: ИМГРЭ, 1994. – 155 с.
4. Хомич В.С., Какарека С.В., Кухарчик Т.И. Экогеохимия городских ландшафтов Беларуси. – Мн.: Минсктиппроект, 2004.
5. Shkaruba A. Sustainability of a Post-Soviet City: Case Study of Wooden Residential Estates in the City of Mogilev (Belarus) // IHDP Proceedings. – 2005. - No. 6. – PP. 13-16.
6. Jansson P.-E., Karlberg L. Coupled heat and mass transfer model for soil-plant-atmosphere systems. – Stockholm: Royal Institute of Technology, Dept of Civil and Environmental Engineering, 2004. – 321 pp.
7. Jansson P.-E., Moon D. A Coupled model of water, heat and mass transfer using object orientation to improve flexibility and functionality // Environmental Modelling & Software. – 2001. – Vol. 16. – PP. 37-46.
8. Alhajjar B.J., Harkin J.H., Chesters G. Detergent formula and characteristics of wastewater in septic tanks // Journal of the Water Pollution Control Federation. – 1989. – Vol. 61. – No. 5. – PP. 605-613.
9. Kuo C.Y., Cave K.A., Loganathan G.V. Planning of urban best management practices // Water Resources Bulletin. – 1988. – Vol. 24. – No. 1. – PP. 125-132.
10. Obernberger I., Biedmann F., Widmann W., Riedl R. Concentration of inorganic elements in biomass fuel and recovery in the different ash fractions // Biomass and Bioenergy. – 1997. – Vol. 12. – No. 3. – PP. 211-224.
11. Demeyer A., Voundi Nkana J.C., Verloo M.G. Characteristic of wood ash and nutrient uptake: an overview // Bioresource Technology. – 2001. – Vol. 77. – PP. 287-295.
12. Wey M.-Y., Chen K.-H., Liu K.-Y. The effect of ash and filter media characteristics on particle filtration efficiency in fluidized bed // Journal of Hazardous Materials. – 2005. – Vol. B121. – PP. 175-181.
13. Thy P., Jenkins B.M., Grundvig S., Shiraki R., Leshner C.E. High temperature elemental losses and mineralogical changes in common biomass ashes // Fuel. – 2006. – Vol. 85. – PP. 783-795.
14. Karlberg L., Ben-Gal A., Jansson P.-E., Shani U. Modelling transpiration and growth in salinity-stressed tomato under different climatic conditions // Ecological Modelling. – 2006. – Vol. 190. – PP. 15-40.
15. Breuer L., Eckhardt K., Frede H.-G. Plant parameter values for models in temperate climates // Ecological Modelling. – 2003. – Vol. 169. – PP. 237-293.

Статья поступила в редакцию 08.01.2007

отдельные потребители расположены на достаточно больших расстояниях и не всегда экономически и технически целесообразно устройство централизованных систем водоснабжения.

В сельских населенных пунктах для забора воды на хозяйственно-питьевые нужды широко используются шахтные колодцы, которые забирают подземную воду из зоны свободного водообмена. Вода в первом водоносном горизонте не содержит железа, так как при контакте с воздухом она обога-

Рыбак Екатерина Сергеевна, аспирант Брестского государственного технического университета. Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

Водохозяйственное строительство и теплоэнергетика